

EC厌氧-改良AO-MBR-臭氧工艺处理煤化工废水

徐鹏¹, 徐皓¹, 韩洪军²

(1. 湖南大学土木工程学院 建筑安全与节能教育部重点实验室, 湖南 长沙 410082; 2. 哈尔滨工业大学 环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 采用EC厌氧-改良AO-MBR-催化臭氧工艺处理新疆某煤化工项目废水, 调试周期为8个月。运行稳定后, 在系统进水COD为2 540.7~3 536.1 mg/L、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为125.1~186.3 mg/L、TN为142.8~271.9 mg/L时, 出水 $\text{COD} \leq 50$ mg/L、 $\text{NH}_4^+ - \text{N} \leq 5$ mg/L、 $\text{TN} \leq 15$ mg/L, 满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。此外, 该工艺占地面积小, 处理费用低至6.20元/ m^3 。

关键词: 煤化工废水; 改良A/O; MBR; 臭氧

中图分类号: TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)12-0112-03

Application of EC, Modified A/O, MBR and O_3 Processes in Treatment of Coal Chemical Industry Wastewater

XU Peng¹, XU Hao¹, HAN Hong-jun²

(1. Key Laboratory of Building Safety and Energy Efficiency <Ministry of Education>, College of Civil Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China; 2. School of Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: The extrinsic cycle anaerobic tank, modified A/O, MBR, and catalytic ozone processes are used to treat the coal chemical industry wastewater of a chemical industry group in Xinjiang. The project start-up period lasted 8 months. After the processes were running steadily, the effluent COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and TN were lower than 50 mg/L, 5 mg/L and 15 mg/L, with the inlet concentrations of 2 540.7 ~ 3 536.1 mg/L, 125.1 ~ 186.3 mg/L and 142.8 ~ 271.9 mg/L, respectively. The water quality can meet level I of *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978-1996). Additionally, the processes occupy small land and the operating cost is low to 6.20 Yuan/ m^3 .

Key words: coal chemical wastewater; modified A/O; MBR; O_3

1 工程概况

新疆某化工集团以煤为原料, 以固定床加压气化为主体、水煤浆气化为辅, 结合耐硫变换、甲醇净化及镍基合成等组合技术合成甲烷, 并深度利用配套生产乙二醇、酸二甲酯、聚丙烯等化工产品。同时, 还副产煤焦油、硫醇等产品。废水量为320 m^3/h , 以煤气洗涤废水为主, 还包括酚氨废水、车间冲洗废水及厂区内的生活污水等。废水水质和处理目标如表1所示。

表1 废水水质和处理目标

Tab. 1 Wastewater quality and treatment targets

项 目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	总酚/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	挥发酚/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度/倍
洗涤废水	3 120 ~ 4 110	210 ~ 365	112 ~ 226	—	100 ~ 500
酚氨废水	1 450 ~ 2 780	305 ~ 585	110 ~ 428	152 ~ 367	500 ~ 800
冲洗废水	250 ~ 450	110 ~ 260	82 ~ 147	21 ~ 84	100 ~ 200

续表 1 (Continued)

项 目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	总酚/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	挥发酚/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度/倍
生活污水	250 ~ 400	5 ~ 20	5 ~ 10	30 ~ 50	100 ~ 500
综合废水	2 180 ~ 3 250	190 ~ 446	188 ~ 358	102 ~ 158	300 ~ 600
处理目标	≤ 50	≤ 15	≤ 0.5	≤ 5	20 ~ 50

2 工艺流程及主要构筑物

2.1 工艺流程

煤化工废水中除含有高浓度的多元酚与芳香族化合物外,还有大量的含氮杂环、多环芳烃等难生物降解有机污染物,以及 CN^- 、 SCN^- 等有毒有害无机污染物^[1]。在前期调研及实验研究的基础上,综合考虑本项目的水质、水量及现场条件,确定以 EC 厌氧-改良 AO-MBR-催化臭氧工艺作为主体处理工艺(见图 1)。

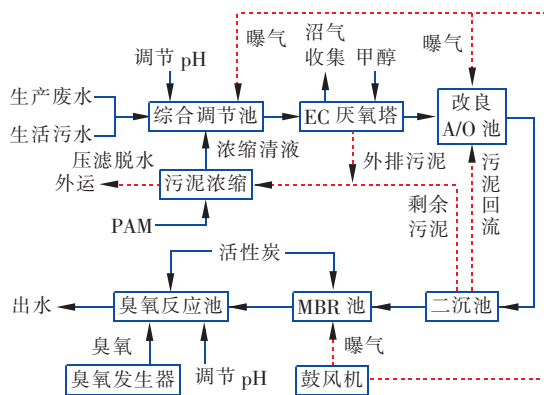


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

2.2 主要构筑物及设计参数

① 综合调节池

设 1 座,钢混结构,有效容积为 $3\,900\text{ m}^3$,HRT 为 12.0 h 。池底部设穿孔管(孔径为 0.2 mm)进行预曝气以强化混合并降低有机物浓度。池内设液位计 1 台、pH 计 1 台、提升泵 2 台。其中,提升泵 $Q = 2.5\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H = 0.25\text{ MPa}$ 、 $N = 0.85\text{ kW}$ 。

② EC 厌氧塔

EC 厌氧塔通过内、外双循环促进厌氧颗粒污泥的形成并提高污泥浓度,增强厌氧系统的处理能力,缩短厌氧系统的停留时间,节省工程占地面积^[2]。设 EC 厌氧塔 8 座,圆柱型结构,不锈钢材质,内涂防腐层,直径 10.8 m ,高为 14 m 。EC 塔底部设进水阀 8 个, 45° 旋流向上进水,单配水管服务面积为

1.5 m^2 ;控制塔内流速为 10 m/h ,容积负荷为 $22\text{ kg-COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。三相分离器为专利产品。每座 EC 塔设流量计及在线 pH 计各 1 台。设排泥泵 1 台, $Q = 1.0\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H = 0.20\text{ MPa}$ 、 $N = 0.75\text{ kW}$ 。

③ 改良 A/O 池

改良 A/O 池采用多点分段进水,三级联用。根据进水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与有机物浓度的变化来优化多点进水的流量分配以及硝化液回流比的大小,既可以利用原水中的有机物作为反硝化碳源,又能够增强 A/O 系统脱氮及对有机污染物的去除能力。

改良 A/O 池共 2 组,单组容积为 $2\,400\text{ m}^3$,钢混结构。污泥负荷为 $0.20\text{ kgCOD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 。设搅拌器、回流泵、消泡泵各 2 台,在线溶解氧监测仪 1 台。采用微孔曝气器,设 2 台罗茨风机(1 用 1 备), $Q = 8\text{ m}^3/\text{min}$ 、 $P = 75.6\text{ kPa}$ 、 $N = 9.5\text{ kW}$ 。

④ 二沉池

二沉池主要进行泥水分离,并将污泥回流至 A/O 池;每组 A/O 池设平流式二沉池 1 座,钢混结构,单池平面尺寸为 $15.0\text{ m} \times 8.0\text{ m}$,深为 7.0 m ;水力停留时间为 2 h ,表面负荷为 $0.85\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;底部设刮泥机、潜污泵与泥位计各 1 台。潜污泵 $Q = 25.0\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H = 0.35\text{ MPa}$ 、 $N = 2.20\text{ kW}$ 。

⑤ MBR 池^[3]

设 2 座,钢混结构,进水泵 2 台,单台泵 $Q = 240\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H = 170\text{ kPa}$ 、 $N = 18.5\text{ kW}$ 。MBR 膜为 PES 材质,孔径为 $0.04\text{ }\mu\text{m}$,容积为 15.5 m^3 ,HRT 为 4 h ,膜通量为 $50\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,单膜过滤面积为 16.6 m^2 ,总膜面积为 581.0 m^2 ,池内 MLSS 为 $7\,800\text{ mg/L}$,添加活性炭浓度为 $1\,000\text{ mg/L}$ 。MBR 下部设有曝气装置,曝气量为 $50\text{ L}/\text{min}$ 。MBR 膜清洗液用 0.5% 的 NaClO 溶液和 30% 的 HNO_3 配制,加碱泵与加酸泵各 1 台, $Q = 20\text{ L}/\text{h}$ 、 $H = 500\text{ kPa}$ 、 $N = 0.25\text{ kW}$ 。

⑥ O_3 反应池

MBR 出水中仍有少部分的难降解污染物无法通过生物处理去除,需要通过臭氧反应池进行高级氧化,确保处理水质满足排放标准;臭氧氧化能够生成氧化性极强的羟基自由基,可以无选择性地氧化降解 MBR 出水中残存的污染物。通过加入某些特定的物质作为催化剂,能够大大提高生成的自由基浓度,增强对污染物的降解能力^[4]。

O_3 反应池 2 座,钢混结构,平面尺寸为 $4.50\text{ m} \times 12.0\text{ m}$,有效水深为 5.5 m ,超高为 1.20 m ,HRT

为 60 min。反应池内投加活性炭作为臭氧催化剂,浓度为 1 000 mg/L。控制反应池内 pH 值为 8.0。池底部装有微孔砂芯曝气头,孔径为 0.04 μm 。O₃ 发生器 O₃ 产量为 50 g/h。臭氧投加量为 10 mg/L。

3 处理效果

该工程调试周期为 8 个月,对水质指标进行了持续性检测。结果表明,系统的处理效果良好,抗冲击负荷能力强,出水水质满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准(见表 2)。

表 2 调试期间水质检测结果

Tab. 2 Monitoring results of influent and effluent quality during commissioning

项 目	进水	出水
COD/(mg · L ⁻¹)	2 540.7 ~ 3 536.1	28.9 ~ 41.2
NH ₄ ⁺ - N/(mg · L ⁻¹)	125.1 ~ 186.3	1.5 ~ 4.5
TN/(mg · L ⁻¹)	142.8 ~ 271.9	5.6 ~ 10.1
总酚/(mg · L ⁻¹)	401.6 ~ 685.4	4.2 ~ 11.2
色度/倍	220 ~ 360	10 ~ 30

4 经济分析

该项目一次性投资费用为 1 560 万元,包括土建费 1 000 万元、设计调试费 180 万元、仪器设备费 380 万元。日常运行费用主要有甲醇、PAM、硝酸、氢氧化钠、活性炭等药剂费,设备电费[电价为 0.7 元/(kW · h)计]及人工费等三部分,分别为 0.90、4.2 和 1.10 元/m³,总计 6.20 元/m³。与煤化工废水处理行业内普遍超过 8.0 元/m³ 的处理费用相比,可降低成本 20% 以上^[2]。

5 结论

① 采用 EC 厌氧 - 改良 AO - MBR - 催化臭氧工艺处理煤化工废水,出水 COD ≤ 50 mg/L、NH₄⁺ - N ≤ 5 mg/L、TN ≤ 15 mg/L,满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。

② 将 MBR 应用于煤化工废水处理工程,大幅减少了占地面积,且处理成本较低(仅为 6.20 元/m³),可为同类煤化工废水处理提供借鉴。

③ 催化臭氧工艺是本项目成功的关键技术,既保证了处理水质满足要求,又为后续废水零排放工艺的运行提供了必要的前提。

参考文献:

[1] 韩洪军,徐鹏,贾胜勇,等. 厌氧/生物增浓/改良 AO/BAF 工艺处理煤化工废水[J]. 中国给水排水,2013,

29(16):65 - 67.

Han Hongjun, Xu Peng, Jia Shengyong, et al. External circulation anaerobic/bioaugmentation/modified AO/BAF process for treatment of wastewater from coal chemical industry[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(16):65 - 67(in Chinese).

[2] 徐鹏,韩洪军. UASB - 改良 A/O - MBBR - Fenton - BAF 组合工艺处理煤化工废水[J]. 中国给水排水, 2017, 33(16):107 - 109.

Xu Peng, Han Hongjun. Treatment of coal chemical wastewater via UASB - modified AO - MBBR - Fenton - BAF process[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(16):107 - 109(in Chinese).

[3] 李红莲,邱如斌,林国城,等. 物化/生化/MBR 组合工艺处理提铜选矿药剂废水[J]. 中国给水排水, 2015, 31(14):93 - 96.

Li Honglian, Qiu Rubin, Lin Guocheng, et al. Combined process of physicochemical pretreatment, biological treatment and MBR for treatment of wastewater from production of flotation reagent for extracting copper[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(14):93 - 96(in Chinese).

[4] 陈雪峰,刘志辉,潘建通,等. O₃ - BAC 组合工艺处理煤气化废水的研究[J]. 给水排水, 2011, 37(9):138 - 142.

Chen Xuefeng, Liu Zhihui, Pan Jiantong, et al. Experimental study on advanced coal gasification wastewater by O₃ - BAC[J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(9):138 - 142(in Chinese).



作者简介:徐鹏(1986 -), 男, 河南商丘人, 博士, 助理教授, 研究方向为水污染控制技术与有机物资源化利用。

E-mail: xp12904@126.com

收稿日期:2018 - 02 - 08